

VOLUME 6

ISSUE 1

JANUARY-JUNE 2018

Al-Kimia

The Photosensitizer from the Basic Dye Extract of the Skin Fruit of Eggplant (*Solanum melongena* L.)

Indah Ayu Risnah, Aisyah, Jawiana Saokani, Iswadi

Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Madu Cair dan Madu Bubuk Lokal Indonesia

Laode Sumarlin, Ahmad Tjachja, Riana Octavia, Nur Ernita

Pengaruh Komposisi Kitosan Terhadap Sifat Biodegradasi dan *Water Uptake* Bioplastik dari Serbuk Tongkol Jagung

Muhammad Nur Alam, Kumalasari, Nurmalasari, Ilmiati Illing

Produksi Etil Ester dari Minyak Dedak Padi (*Oryza sativa*) Menggunakan Reaktor Ultrasonik

Aisyah, Riskayanti, Iin Novianty, Sjamsiah, Asriani Ilyas, St. Chadijah

Formalin Analysis of Food Ingredients In Palu

Rismawaty Sikanna, Ivone Venita Sarapun, Dwi Juli Puspitasari

Produksi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pepaya (*Carica papaya*) Menggunakan Teknologi *Microbial Fuel Cells*

Lisa Utami, Lazulva, Elvi Yenti

Pengaruh Suhu Hidrolisis Terhadap Kadar Glukosa yang Dihasilkan dari Serat Daun Nanas

Muhaimin

Pemanfaatan Limbah Gergaji Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla* K.)

Sebagai Energi Alternatif dengan Metode Pirolisis

Asri Saleh, Hardiyanti Nur

Komposit Kitosan-Zeolit : Potensi Pemanfaatannya sebagai Adsorben CO₂

Riva Ismawati, Setiyo Prajoko

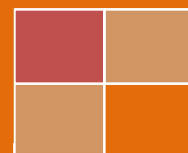
Bahan Utama Tongkat dan Tali Tukang Sihir Fir'aun Berubah Menjadi Ular adalah Senyawa Merkuri.

Barorotul Ulfah Arofah, R. Arizal Firmansyah, Sofa Muthohar

Jurusan Kimia UIN Alauddin Makassar

p-ISSN: 2302-2736

e-ISSN: 2549-9335



Volume 6, Issue 1, January-June 2018

p-ISSN: 2302-2736

e-ISSN: 2549-9335

Al-Kimia

EDITOR IN CHIEF

Sjamsiah

MANAGING EDITOR

Aisyah

REVIEWER

Sarifah Fauziah
Muharram
Desi harneti Putri Huspa
Safri Ishmayana
Ajuk Sapar
Asri Saleh
St .Chadijah
Asriyani Ilyas
Muhammad Qaddafi

SECTION EDITOR

Rani Maharani
Umami Zahra
Firnanelty Rasyid
A.Nurfitriani Abubakar
Chusnul Khatimah
Satriani

PUBLISHER

Department of Chemistry
Faculty of Science and Technology
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
Jl. H. M. Yasin Limpo No. 36 Gowa South Sulawesi Indonesia
E-mail: al-kimia@uin-alauddin.ac.id

Al-Kimia

TABLE OF CONTENT

The Photosensitizer from the Basic Dye Extract of the Skin Fruit of Eggplant (<i>Solanum melongena</i> L.) Indah Ayu Risnah, Aisyah, Jawiana Saokani, Iswadi	1-9
Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Madu Cair dan Madu Bubuk Lokal Indonesia Laode Sumarlin, Ahmad Tjachja, Riana Octavia, Nur Ernita	10-23
Pengaruh Komposisi Kitosan Terhadap Sifat Biodegradasi dan <i>Water Uptake</i> Bioplastik dari Serbuk Tongkol Jagung Muhammad Nur Alam, Kumalasari, Nurmalasari, Ilmiati Illing	24-33
Produksi Etil Ester dari Minyak Dedak Padi (<i>Oryza sativa</i>) Menggunakan Reaktor Ultrasonik Aisyah, Riskayanti, Iin Novianty, Sjamsiah, Asriani Ilyas, St. Chadijah	34-45
Formalin Analysis of Food Ingredients In Palu Rismawaty Sikanna, Ivone Venita Sarapun, Dwi Juli Puspitasari	46-51
Produksi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pepaya (<i>Carica papaya</i>) Menggunakan Teknologi <i>Microbial Fuel Cells</i> Lisa Utami, Lazulva, Elvi Yenti	52-62
Pengaruh Suhu Hidrolisis Terhadap Kadar Glukosa yang Dihasilkan dari Serat Daun Nanas Muhaimin	63-71
Pemanfaatan Limbah Gergaji Kayu Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i> K.) Sebagai Energi Alternatif dengan Metode Pirolisis Asri Saleh, Hardiyanti Nur	70-77
Komposit Kitosan-Zeolit : Potensi Pemanfaatannya sebagai Adsorben CO ₂ Riva Ismawati, Setiyo Prajoko	78-86
Bahan Utama Tongkat dan Tali Tukang Sihir Fir'aun Berubah Menjadi Ular adalah Senyawa Merkuri. Barorotul Ulfah Arofah, R. Arizal Firmansyah, Sofa Muthohar	87-96

Produksi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pepaya (*Carica papaya*) Menggunakan Teknologi *Microbial Fuel Cells*

Lisa Utami, Lazulva*, Elvi Yenti

Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Sultan Syarif Kasim Riau

*E-mail: l154_lazoelva@yahoo.com

Received: May 14, 2018/Accepted: June 27, 2018

doi: 10.24252/al-kimia.v6i1.4681

Abstract: *Microbial Fuel Cells (MFCs) is a technology that can produce electricity whilst at the same time treat waste water. MFCs convert chemical energy of organic substrates into electricity through catalyzing the anaerobic oxidation process in the anodic compartment by bacteria as catalyst. This study investigated the generation electricity using peel papaya (carica papaya) waste. Peel papaya waste was used as the electron donor in the anaerobic anode compartment and $KMnO_4$ was used as acceptor electron in the cathode compartment with methilen blue as mediators. The maximum power density, current and voltage respectively were 121, 70 mW/m^2 , 1,79 ampere and 1,095 V at 17 days operation. The pH of solution was increased from 3,54 to 6,64 on day 12.*

Key words: *Microbial Fuel Cells, papaya, waste, methilen blue, power density*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar khususnya minyak bumi dan gas alam dalam beberapa tahun terakhir semakin meningkat dengan meningkatnya populasi manusia dan hal ini mencetuskan krisis energi global. Di Indonesia, penggunaan energi terus mengalami lonjakan hebat, disisi lain produksi minyak bumi semakin menurun. Pada tahun 2014, produksi minyak bumi hanya sekitar 789 barel per hari atau menurun menjadi 96% dibandingkan tahun 2013 sebesar 824 barel per hari. Sejak tahun 2010 sampai dengan 2014 terjadi penurunan produksi rata-rata sekitar 4,41% pertahun. Oleh sebab itu harus dilakukan suatu upaya untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi dan gas alam dengan beralih ke sumber energi alternatif.

Limbah sayur dan buah-buahan memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi, selama ini limbah sayur dan buah-buahan belum diolah dengan baik sehingga mencemari lingkungan. Limbah ini dapat diolah dan dijadikan sebagai energi alternatif, salah satunya dengan menggunakan teknologi *Microbial Fuel Cells* (MFC). *Microbial Fuel Cell* (MFC) merupakan salah satu teknologi yang mampu menghasilkan energi yang dapat diperbarui tanpa menghasilkan emisi CO_2 dan ramah lingkungan. MFC memiliki kemampuan untuk mengubah energi kimia yang tersimpan dalam senyawa organik menjadi energi listrik dengan bantuan mikroorganisme. Bakteri dapat digunakan dalam MFC untuk menghasilkan energi listrik dengan membiodegradasi senyawa organik atau limbah. Hal ini terjadi dengan cara memisahkan bakteri

dari oksigen, dan ketika bakteri melepaskan elektron, akan dihasilkan perbedaan potensial antara kedua elektroda yang memproduksi arus listrik.

Penelitian menggunakan MFC dengan memanfaatkan limbah telah banyak dilakukan, diantaranya dengan memanfaatkan limbah organik seperti kotoran ternak, limbah makanan dan endapan lumpur, namun hanya sedikit penelitian yang memanfaatkan limbah sayur dan buah-buahan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Zhang dkk yang menemukan bahwa limbah jagung dapat digunakan untuk menghilangkan sulfida dan memproduksi energi listrik dengan power density maksimum mencapai 744 mW/m^2 , dengan penghilangan sulfida maksimum 91% dan penghilangan COD maksimum 52%. Haixia dkk mengolah limbah kentang dan memperoleh power density maksimum 208 mA/m^2 , dengan penghilangan COD mencapai 84% (Haixia, 2017). Penggunaan limbah dalam sistem MFC ini mempunyai beberapa keuntungan, seperti kontaminan dalam air limbah dapat menjadi sumber bahan bakar untuk MFC untuk menghasilkan energi listrik sekaligus menurunkan level COD dari limbah (Kim, 2015).

Pepaya merupakan buah yang umum dikonsumsi masyarakat sebagai campuran es, jus atau dikonsumsi langsung sedangkan kulit pepaya dibuang tidak dimanfaatkan. Kulit pepaya mengandung enzim papain, pektin, alkaloid karpina, glukosid, saponin, sakrosa dan dektrosa, sehingga kulit pepaya ini dapat digunakan sebagai donor elektron dalam MFC. Bagaimanapun, belum ada penelitian yang memanfaatkan kulit pepaya untuk memproduksi energi listrik. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk memanfaatkan limbah kulit pepaya sebagai sumber energi baru terbarukan untuk menghasilkan listrik memanfaatkan teknologi MFC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *power density* maksimum yang dihasilkan dalam proses MFC dan Menentukan perubahan nilai pH limbah kulit pepaya sebelum dan sesudah proses MFC.

2. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor MFC tipe dua kompartemen seri, mikroamperemeter analog, multimeter digital, kabel dan jepit buaya, timbangan analitik, magnetik stirer, gelas beaker, gelas ukur, erlenmeyer, spatula kaca, kaca arloji, pipet ukur, pipet tetes, pH meter, magnetik Stirer. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah Membran Nafion 117, grafit, aquadest, NaOH, HCl, H_2O_2 3%, H_2SO_4 1 M, KMnO_4 0,1 M, metilen blue, buffer fosfat, cling wrap, aluminium foil, limbah kulit pepaya.

Prosedur Kerja

Preparasi Membran Penukar Proton

Membran Penukar Proton yang digunakan adalah Nafion 117. Perlakuan awal harus dilakukan terhadap membran agar bisa digunakan pada MFC. Membran terlebih dahulu harus direbus dengan aquades selama 1 jam kemudian dididihkan dengan H_2O_2 3% selama 1 jam dan dicuci dengan aquades. Membran selanjutnya dididihkan kembali dalam larutan H_2SO_4 1 M selama 1 jam dan dicuci dengan aquades sebanyak 3 kali. Membran disimpan (direndam) dengan

aquades hingga saat akan digunakan. Sebelum mengaplikasikan membran ke dalam reaktor MFC, membran harus dikering anginkan.

Preparasi Elektroda

Elektroda harus dipersiapkan dengan langkah berikut. Elektroda grafit (karbon aktif) direndam dalam larutan HCl 1 M selama 1 hari dan dibilas menggunakan aquades. Kemudian elektroda direndam kembali ke dalam larutan NaOH 1 M selama satu hari dan dibilas kembali menggunakan aquades. Elektroda direndam dalam aquades sampai saat akan digunakan.

Preparasi Limbah Kulit Pepaya

Limbah kulit pepaya mula-mula dihaluskan dengan blender kemudian disaring dan diambil intisarinnya. Sampel kulit pepaya yang sudah halus difermentasikan dengan cara dimasukkan ke dalam wadah dan dibungkus rapat dengan kain yang bersih, hal ini bertujuan agar udara tidak dapat masuk ke dalam wadah. Fermentasi dilakukan selama 3 hari.

Eksperimen MFC

Disiapkan reaktor MFC dengan prinsip dua kompartemen (ruang terpisah), yang terdiri dari bejana anoda dan bejana katoda. Alat ini terbuat dari kaca dengan ukuran 30 x 20 x 20 cm. Bejana anoda dan katoda dipisahkan dengan menggunakan membran penukar ion yaitu membran Nafion 117. Masing-masing bejana dapat menampung volume 3 L, diantara kedua bejana terdapat lubang dengan diameter 3,5 cm. Di lubang ini dipasang membran PEM, sebagai tempat transfer proton. Kemudian elektroda grafit (batang karbon batu baterai bekas berukuran A) dipasang di masing-masing ruang dan dihubungkan dengan rangkaian kabel pada alat digital multimeter. Luas permukaan elektroda yang digunakan adalah $1,46 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ dengan diameter 0,3 inci dan panjang 2,25 inci. Kedalam bejana anoda dimasukkan limbah kulit pepaya sedangkan ke dalam bejana katoda dimasukkan KMnO_4 . KMnO_4 dalam penelitian ini berfungsi sebagai akseptor elektron yang berasal dari anoda. Metilen blue juga ditambahkan ke bejana anoda sebagai mediator elektron. Alat MFC terbuat dari kaca dengan ukuran 30 x 21 x 15 cm.

Pengukuran Kuat Arus dan Tegangan Sistem MFC

Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh alat MFC pada penelitian ini diukur menggunakan digital multimeter Sanwa CD800a untuk mengukur tegangan dan multitester Sunway SW360TRn untuk mengukur kuat arus yang diperoleh. Alat ini kemudian dihubungkan dengan hambatan 5Ω . Sebelum pengukuran dilakukan, multimeter digital dikalibrasi terlebih dahulu. Pengambilan data diambil sesuai dengan variasi waktu. Data berupa kuat arus dan tegangan akan diolah menjadi nilai power density (mW/m^2) yaitu daya persatuan luas permukaan elektroda. Power density dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Momoh *et al.*, 2010).

$$\text{Power density (mW/m}^2) = \frac{I \text{ (mA)} \times V \text{ (Volt)}}{A \text{ (m}^2)}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Reaksi Kimia dalam Bejana

Penelitian ini menggunakan Microbial Fuel Cells sistem dua bejana, yang terdiri atas bejana anoda dan bejana katoda yang dipisahkan oleh *Proton Exchange Membran* (PEM) Nafion-117, dengan lama waktu operasi 20 hari. Gambar 1 menunjukkan desain alat MFC yang digunakan.



Gambar 1. Rancangan MFC Limbah Kulit Pepaya

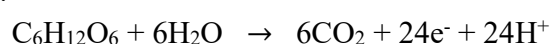
Pada masing-masing bejana anoda dan katoda terdapat elektroda grafit yang berasal dari batang karbon batu baterai bekas berukuran A. Luas permukaan elektroda ini adalah $1,46 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ dengan diameter 0,3 inci dan panjang 2,25 inci. MFC dioperasikan pada suhu kamar. Untuk menghilangkan pengotor dan logam pengganggu, sebelum digunakan elektroda direndam dalam larutan HCl 1 M selama 1 hari dan dibilas menggunakan aquades. Kemudian elektroda direndam kembali ke dalam larutan NaOH 1 M selama satu hari dan dibilas kembali menggunakan aquades. Membran Nafion-117 (PEM) sebelum digunakan juga harus diberi perlakuan. Membran terlebih dahulu harus direbus dengan aquades selama 1 jam kemudian dididihkan dengan H_2O_2 3% pada suhu 70-80 °C selama 1 jam dan dicuci dengan aquades untuk menghilangkan residu dari larutan hidrogen peroksida (Wang, 2010). Membran selanjutnya dididihkan kembali dalam larutan H_2SO_4 1 M pada suhu 70-80 °C selama 1 jam dan dicuci dengan aquades sebanyak 3 kali. Metilen blue juga ditambahkan ke dalam bejana anoda sebagai mediator elektron untuk meningkatkan produksi arus listrik yang dihasilkan.

Untuk mengukur besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh alat MFC pada penelitian ini, digunakan digital multimeter Sanwa CD800a untuk mengukur tegangan dan multitester Sunway SW360TRn untuk mengukur kuat arus yang diperoleh. Alat ini kemudian dihubungkan dengan hambatan 5 Ω . Untuk mengetahui perubahan pH digunakan pH Meter merek Consort C860.

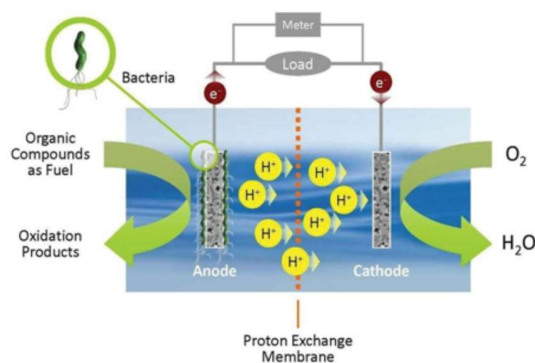
Limbah kulit pepaya yang sudah di inkubasi selama tiga hari, ditempatkan dalam bejana anoda. Pada penelitian ini bejana anoda dibuat dalam kondisi anaerob, bejana ditutup rapat dengan kaca penutup. Mikroorganisme yang berasal dari pembusukan limbah kulit pepaya akan mengoksidasi substrat limbah kulit pepaya dalam bejana anoda untuk menghasilkan elektron dan proton beserta karbon dioksida sebagai produk oksidasi. Elektron akan terikat pada anoda (kutub negatif) mengalir ke katoda (kutub positif) melewati sirkuit eksternal, sedangkan proton akan

bermigrasi melewati Proton Exchange Membran yang kemudian di bejana katoda akan bergabung dengan elektron untuk membentuk air, dengan sumber oksigen berasal dari KMnO_4 (Parkash, 2016). Ketika substrat teroksidasi dalam kondisi anaerob dalam bejana anoda untuk menghasilkan elektron, potensial menurun. Pada waktu yang sama, potensial di bejana katoda meningkat ketika mereduksi reagen. Perbedaan potensial yang disebabkan oleh oksidasi substrat di anoda dan reduksi di katoda menghasilkan arus listrik.

Jadi mikroorganisme dari limbah kulit pepaya menggunakan limbah untuk mengoksidasi material organik pada kondisi anaerob, dengan adanya jumlah mikroorganisme yang lebih banyak, tentunya proses oksidasi akan berjalan semakin banyak. Persamaan reaksi yang terjadi di anoda diberikan dibawah ini:



Skema MFC diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema MFC (Parkash, 2016)

Ada dua jenis metoda transfer elektron dalam MFC, yaitu secara langsung dan tak langsung. Elektron dalam MFC dengan metoda langsung, akan mentransfer elektron langsung ke elektroda sedangkan dalam MFC metoda tak langsung, membutuhkan mediator elektron untuk transmisi elektron. Penelitian ini menggunakan metoda tak langsung sehingga membutuhkan tambahan mediator elektron. Pada penelitian ini digunakan metilen blue sebagai mediator elektron. Metilen blue dipilih karena berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zou YJ, Sun LX, Xu F dan Yang LN, menggunakan metilen blue sebagai mediator elektron dalam MFC dengan *Escherichia Coli* sebagai mikroorganisme, dapat menghasilkan power density maksimum 116 mW/m^2 dengan potensial $0,76 \text{ V}$ dan kuat arus 1.108 mA (You, 2006).

Pada katoda, terdapat KMnO_4 yang berguna untuk menangkap elektron (aseptor elektron) yang berasal dari anoda. Menurut Shijie You dan kawan-kawan, permanganat dapat digunakan sebagai efektif katodik aseptor elektron untuk MFC, dengan menggunakan permanganat sebagai aseptor elektron dibawah kondisi asam dapat meningkatkan power density 11 kali lipat dibandingkan menggunakan ferricyanida dan oksigen. Reaksi yang terjadi pada katoda, dengan menggunakan KMnO_4 sebagai katodik dalam lingkungan asam diberikan dibawah ini:



Proton dan elektron yang berasal dari anoda digunakan untuk mereduksi Mn^{7+} menjadi Mn^{4+} . Kalium permanganat juga mengalami fotodekomposisi atau terdekomposisi jika terkena cahaya. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Maka pada saat penelitian dilaksanakan, bejana katoda dibuat berwarna hitam untuk menghindari fotodekomposisi.

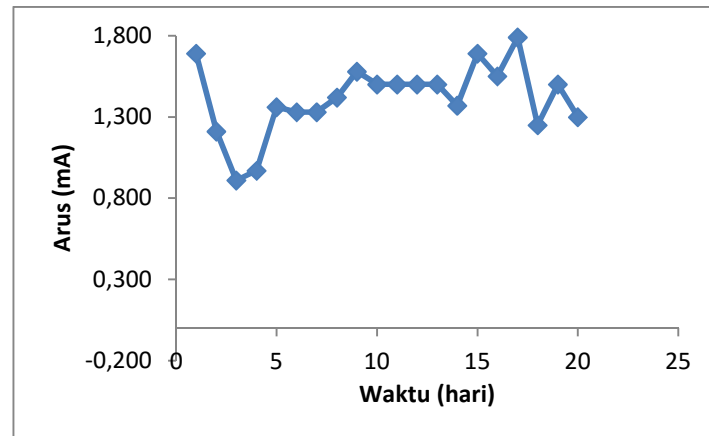
Produksi Energi Listrik

Produksi energi listrik yang dihasilkan selama operasi MFC diukur dengan menggunakan multimeter yang dihubungkan dengan kedua elektroda pada reaktor MFC. Anoda dihubungkan dengan kutub negatif pada multimeter dan katoda dihubungkan dengan kutub positif dengan hambatan 100 Ω . Perubahan arus listrik dan tegangan selama 20 hari operasi MFC berturut-turut ditunjukkan pada gambar 4.3 dan 4.4. Produksi energi listrik diamati mulai dari awal operasi. Kuat arus maksimum dicapai pada hari ke-17 yaitu 1,79 mA begitu juga dengan tegangan maksimum di capai pada hari ke-17 yaitu 1,095 V, dengan power density 121,700 mW/m² tetapi reaktor MFC limbah kulit pepaya ini masih belum bisa menghidupkan lampu LED, karena untuk menghidupkan lampu LED dibutuhkan tegangan 1,8 V. Harga kuat arus dan tegangan yang diperoleh hampir mirip dengan penelitian yang dilakukan oleh Purwono, dkk yang menggunakan teknologi reaktor MFC dalam pengolahan limbah cair industri tahu untuk mendapatkan arus listrik, dengan perolehan kuat arus 7,25 μ A dan energi listrik sebesar 179, 54 mWh (Purwono, 2015).

Gambar 3 menunjukkan perubahan kuat arus listrik yang diperoleh selama 20 hari operasi reaktor MFC menggunakan limbah kulit pepaya. Pada awal pengamatan, multimeter langsung menunjukkan angka kuat arus 1,69 mA namun kuat arus listrik mengalami penurunan hingga hari ke-3 menjadi 0,91 mA. Hal ini disebabkan karena mikroorganisme sedang berada pada fase lag atau fase adaptasi, dimana pada fase ini mikroorganisme sedang menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru. Pada proses pengolahan awal, energi yang dihasilkan dari metabolisme bahan organik sebagian besar digunakan untuk membentuk biofilm. Sel-sel teradsorpsi pada permukaan media, kemudian tumbuh, berkembang biak dan menghasilkan *extracellular polymeric substances (EPS)* untuk membentuk biofilm. Elektroda grafit pada bejana anoda berperan menjadi media lekat pada mikroorganisme untuk membentuk biofilm. Selain sel bakteri hidup dan sel bakteri yang mati dapat membentuk lapisan pada permukaan anoda semakin bertambah. Apabila permukaan elektroda sudah dipenuhi oleh biofilm, jumlah elektron yang ditransfer ke elektroda semakin sedikit sehingga terjadi penurunan arus listrik.

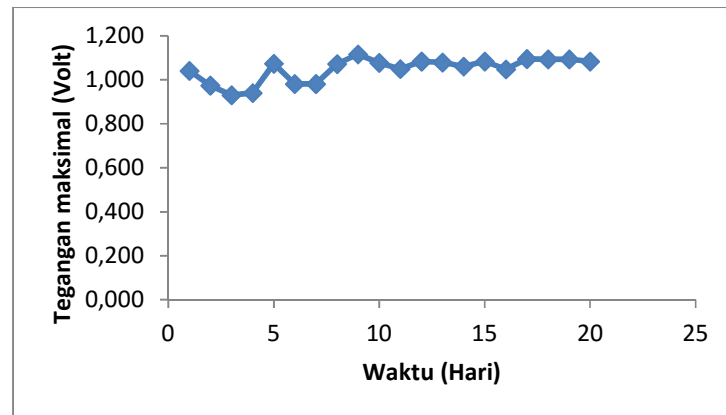
Pada pengamatan selanjutnya kuat arus listrik cenderung naik pada hari berikutnya hingga mencapai puncaknya pada hari ke-17 (1,79 mA). Hal ini menunjukkan mikroba sedang berada pada fase eksponensial. Pada fase ini, sel mikroba membelah dengan cepat dan konstan. Bertambahnya jumlah sel bakteri ini memungkinkan semakin banyaknya proton dan elektron yang dapat dihasilkan dari proses metabolisme sehingga kuat arus yang terbaca semakin besar. Pada jam berikutnya, kuat arus yang dihasilkan turun seiring dengan berkurangnya jumlah

glukosa yang tersedia. Hal ini sesuai dengan kesimpulan Chaudhuri dan Lovley bahwa potensial dan kuat arus berbanding lurus dengan konsentrasi substrat yang tersedia untuk dioksidasi (Permana, 2013).



Gambar 3. Perubahan kuat arus listrik selama 20 hari hari

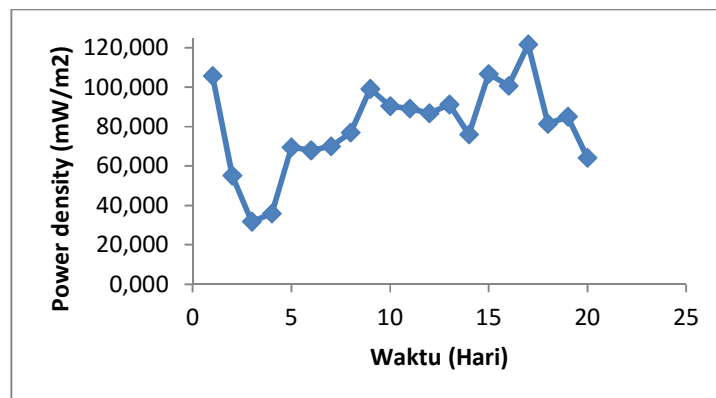
Gambar 4 menunjukkan perubahan tegangan listrik selama operasi reaktor MFC menggunakan limbah kulit pepaya. Tegangan maksimum 1,095 V diperoleh pada hari ke-17. Tegangan pada hari pertama operasi reaktor MFC cukup besar yaitu 91,4 V, namun turun pada hari ke-2 (66,5 V) hingga hari ke-3 (50,9 V) kemudian naik pada hari ke-10 (88V) dan mencapai puncaknya pada hari ke-17 namun setelah itu tegangan listrik mulai turun. Turunnya tegangan listrik diawal operasi MFC disebabkan karena bahan organik kompleks kemungkinan besar tidak secara langsung digunakan oleh mikroorganisme untuk menghasilkan arus, melainkan harus diubah terlebih dahulu menjadi senyawa yang lebih sederhana melalui proses fermentasi. Biomassa bahan organik harus tumbuh dari ukuran yang sangat kecil dalam anoda. Kemungkinan pertumbuhan dan akumulasi biomassa cenderung memperlebar kompetisi dengan mikroorganisme yang terdapat disekitar anoda untuk mentransfer elektron (Purwono, 2015). Kenaikan tegangan dari hari ke-10 hingga ke-17 pada reaktor diakibatkan meningkatnya aktivitas mikroorganisme.



Gambar 4. Perubahan Tegangan/Volt selama 20 hari

Logan menyatakan bahwa transfer proton mempengaruhi secara signifikan pada performa MFC, ketika substrat berupa limbah terdegradasi, proton diproduksi oleh anoda dan dikonsumsi oleh katoda. Dalam sistem biologik mikroorganisme menggunakan substrat limbah untuk mensintesis bahan seluler baru dan menyediakan energi untuk sintesis, dengan adanya substrat limbah sebagai makanan eksogenes mikroorganisme, sintesis bahan seluler baru akan lebih banyak daripada respirasi endogenes. Dengan demikian mikroorganisme akan menjadi lebih berlimpah. Dengan adanya jumlah mikroorganisme yang lebih banyak, tentunya proses oksidasi berjalan semakin cepat, sehingga meningkatkan tegangan dan produksi listrik. Sebaliknya bila pertumbuhan mikroorganisme terhenti, mikroorganisme mati dan lisis melepaskan nutrisi dari protoplasmanya untuk digunakan oleh sel-sel yang masih hidup. Dengan demikian ketika nutrisi dari limbah semakin sedikit, respirasi endogenes akan berlangsung lebih banyak dan akan terjadi pengurangan padatan mikroda. Berkurangnya aktivitas mikroorganisme ini menyebabkan proses oksidasi bahan organik menjadi semakin sedikit, sehingga jumlah elektron yang mengalir serta proton yang dihasilkan semakin sedikit (Imaddudin, 2014).

Power density maksimum yang diperoleh adalah 121,7 yang diperoleh pada hari ke-17 dapat diamati pada Gambar 5.

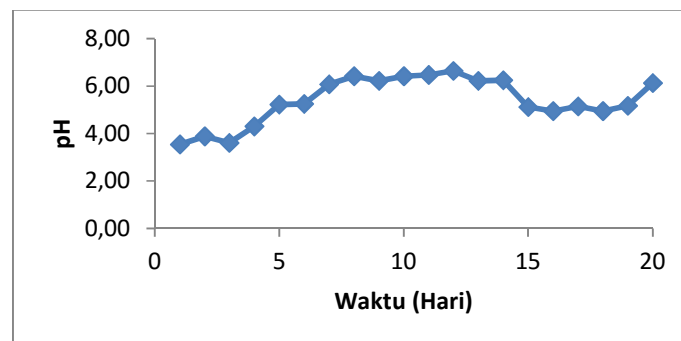


Gambar 5. Perubahan Power Density selama 20 hari

Pengaruh pH

Perubahan pH limbah kulit pepaya dalam bejana anoda selama operasi MFC diberikan pada Gambar 6. pH awal limbah sebelum diberi perlakuan adalah 3,54 sedangkan setelah operasi MFC selama 20 hari pH mengalami kenaikan menjadi 6,12. Terjadi kenaikan pH secara perlahan dari 3,54 pada hari pertama menjadi 6,41 pada hari ke-8, kemudian pH turun sedikit pada hari ke-9 (6,22) dan naik lagi sampai hari ke-12 (6,64).

pH turun cukup tajam dari 6,64 pada hari ke-12 menjadi 4,94 pada hari ke-16. Menurunnya pH limbah kulit pepaya pada bejana anoda, menunjukkan adanya pembentukan asam pada bejana. Asam yang dihasilkan tersebut berasal dari bioproses pada pembusukan limbah. Bouallagui, *et al.*, menyatakan bahwa materi organik partikulat dari sampah saur seperti selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin akan mengalami pencairan dengan adanya enzim ekstraselluler sebelum digunakan oleh bakteri asidogenik. bakteri-bakteri pembentuk asam ini tumbuh dengan cepat dan menguraikan glukosa menjadi asam-asam asetat, propionat dan butirrat. Konversi glukosa menjadi asam asetat menghasilkan energi yang besar bagi pertumbuhan bakteri pembentuk asam. Hal ini terlihat dari peningkatan power density dari 86,71 mW/m² pada hari ke-12 menjadi 100,61 mW/m² pada hari ke-16 dan mencapai puncaknya pada hari ke-17 yaitu 121,70 mW/m².



Gambar 6. Perubahan pH selama operasi MFC

4. PENUTUP

Kesimpulan

Limbah kulit pepaya sebagai sumber energi baru terbarukan memiliki potensi untuk menjadi penghasil energi listrik dengan menggunakan teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC). Hasil pengukuran nilai tegangan maksimum, arus maksimum yang dihasilkan dan power density maksimum (hari ke-17) dari reaktor didapatkan berturut-turut sebagai berikut : 1,095 volt; 1,79 ampere; dan 121,70 mW/m². Nilai pH larutan limbah selama proses (20 hari) mengalami kenaikan dari pH 3,54 menjadi 6,64 pada hari ke-12. Lampu LED yang diuji terhadap rangkaian reaktor belum bisa nyala karena tegangan yang dibutuhkan 1,8 volt. Untuk itu perlu perencanaan dan rancangan model reaktor serta susunan rangkaian listrik, rangkaian reaktor yang disusun secara seri atau paralel antara satu reaktor dengan reaktor lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami berikan kepada pihak Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Islam negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang telah memberikan bantuan dana penelitian sehingga penelitian ini terlaksana dengan baik dan juga kepada tim pembantu penelitian yang telah bekerjasama dengan solid.

DAFTAR PUSTAKA

- Chae, K J., Choi, M., Ajayi, Folusho F., Park., Wooshin C., In S & Kim, I S. (2008). Mass Transport through a Proton Exchange Membrane (Nafion) in Microbial Fuel Cells. *Energy & Fuel*, 22 : 169-176.
- Chirag, K S & Yagnik, B N. (2013). Bioelectricity Production Using Microbial Fuel Cell. *Research Journal of Biotechnology*, 8 (3) : 84-90.
- Idris., Sitinoor, A., Esat., farah N., Rahim, Ain, AA., Rizzqi, Z. (2016). Electricity Generation from The Mud by Using Microbial Fuel Cell. *JCCPE*.
- Kim, K. Y., Yang, W., & Logan, B E. (2015). Impact of electrode configurations on retention time and domestic wastewater treatment efficiency using microbial fuel cells. *Water Research*, 80 : 41-46. DOI: 10.1016/j.watres.2015.05.021
- Kumar, A., Kumar, N., Baredar, P., & Shukla, A. (2015). A Review on biomass energy resources, potential, conversion and policy in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45(2015), 530-539. DOI: 10.1016/j.rser.2015.02.007
- Li, F., Yogesh, S., Yu, L., Baikun Z., Qixing. (2010). Microbial Fuel Cells : the Effects of Configuration, Electrolyte Solutions, and Electrode materials on Power Generation. *Appl. 160* (1):168-81. Doi: 10.1007/s12010-008-8516-5
- Liu, H., Cheng, S., Logan, B E. (2005). Production of Electricity from Acetate or Butyrate using A single-Chamber Microbial Fuel Cell. *Environ Sci Technol*, 39 (2) : 658–662.
- Logan, Bruce E. (2008). *Microbial Fuel Cells*. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons. Inc.
- Momoh., Yusuf, OL., Naeyor, B. (2010). A Novel Electron Acceptor for Microbial Fuel Cells: Nature of circuit connection on Internal Resistance. *J. Biochem Tech*, 2 (4) : 216-220.
- Pant., Deepak., Gilbert, V B., Ludo., Diels., Karolin, V. (2009). A review of the Substrates Used in Microbial Fuel Cells (MFCs) for Sustainable Energy Production. *Bioresource Technology*, 101(6):1533-1543. Doi: 10.1016/j.biortech.2009.10.017
- Rabaey, K., Lissens, G., Siciliano, S., Verstraete, W. (2003). A Microbial Fuel cell Capable of Converting Glucose to Electricity at High Rate and Efficiency. *Biotechnol*, 25 (8): 1531–1535.
- Ueoka., Nagayoshi., Sese., Naoko., Kouzuma., Atshushi., Watanabe., & kazuya. (2016). Sizes of Anode and Cathode Affect Electricity Generation in Rice Paddy Field Microbial Fuel Cells. *Journal of Sustainable Bioenergy system*, (6):10-15.
- Wang, C T., Wei-Jung C., Rwei-Yao H. (2010). Influence of Growth Curve Phase on Electricity Performance of Microbial Fuel Cell by Escherichia Coli. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(13) : 7217-7223.
- Xinmin., Liu., Jianjun., Wu., Benyue., Gong. (2016). Series and Parallel Connection of Anaerobic Fluidized Bed Microbial Fuel Cell. *IJAMBR*, 4 : 7-14.

Zhuwei, D., Haoran Li., Ting, Y G. (2007). A State of the Art Review on Microbial Fuel Cells: A Promising Technology for Wastewater Treatment and Bioenergy. *Biotechnology advance. Biotechnol Adv.*, 25(5) : 464-482.